

MundoGEO

#connect

LatinAmerica 2013

Conferência e Feira de Geomática e
Soluções Geoespaciais

18 a 20 de Junho de 2013

Centro de Convenções Frei Caneca - São Paulo (SP) - Brasil

RTK em rede: estado da arte e desenvolvimentos no contexto do projeto Temático



Dra. Daniele Barroca Marra Alves



MOTIVAÇÃO

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

RTK em Rede

VRS

RESULTADOS E ANÁLISES

CONSIDERAÇÕES FINAIS

MOTIVAÇÃO

Com o objetivo de usufruir do potencial dos sistemas de posicionamento existentes, os métodos de posicionamento vêm se **aprimorando**

Grande tendência tem sido o uso de **redes** de estações de referência

alta acurácia proporcionada

Nos países mais desenvolvidos (ex. Alemanha, Canadá, Estados Unidos, Japão) as redes de estações de referência são **altamente** densificadas

Viabiliza o RTK em Rede

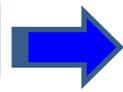
SAPORS® - Reference Stations in Germany, Mai 2007

- 270 stations
- mean station distances between 25 - 60 km
- dual frequency receivers
- in the responsibility of the 16 State Survey Offices

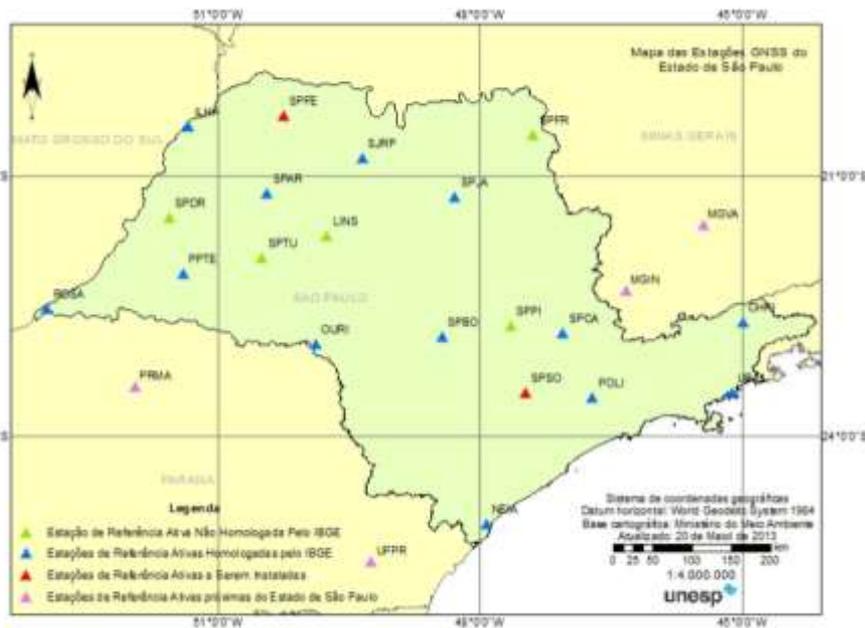
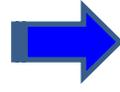


MOTIVAÇÃO

Brasil



RBMC/
RIBAC



Rede
GNSS/SP

Estado de
São Paulo



MOTIVAÇÃO

A Rede GNSS/SP possibilita a aplicação do RTK em Rede



Receptores Modernos

Uso do NTRIP

Configuração

Densificação

Foco da Pesquisa

Posicionamento Baseado Em Redes

Modelagem Atmosférica

Expansão para o GNSS

Solução das Ambiguidades

POSICIONAMENTO EM REDE

Vem crescendo o interesse em realizar posicionamento **acurado** e em muitos casos em **tempo real**

RTK

Eficiente em aplicações que requerem alta **acurácia** e **produtividade**

Problema

O método diminui sua eficiência quando a distância em relação a base aumenta

Ionosfera

Necessidade

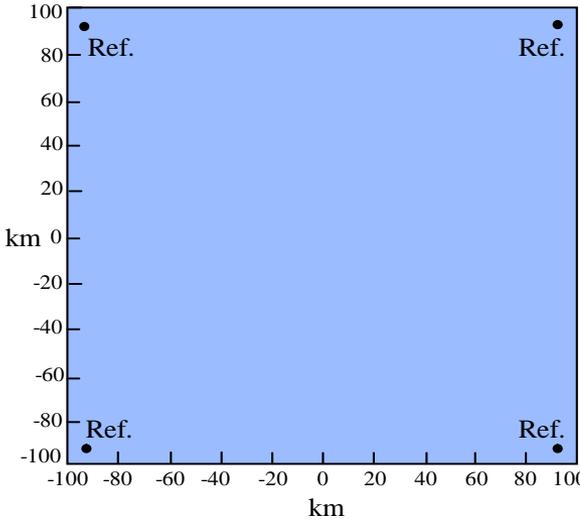
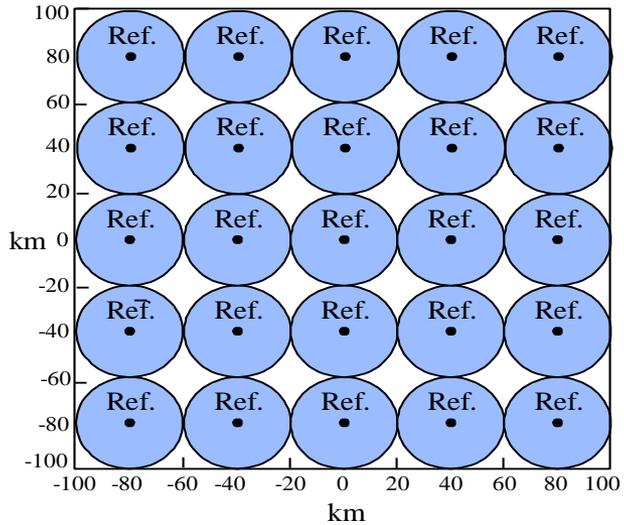
Utilizar muitas estações de referência

Solução

Uso do conceito de rede – **RTK em Rede**

DISPONIBILIDADE, ACURÁCIA e CONFIABILIDADE

POSICIONAMENTO EM REDE



A área de abrangência onde o usuário pode atuar é muito maior

Procedimento Clássico

Solução das **Ambiguidades**

Cálculo das **correções** da rede

Método para determinar o erro para o usuário

O usuário poderá realizar posicionamento com acurácia centimétrica

Procedimento Desenvolvido

As ambiguidades não são solucionadas

Modelos Atmosféricos são empregados

POSICIONAMENTO EM REDE

Diversos métodos vêm sendo desenvolvidos para formular correções a partir dos dados das estações da rede



PDA

Interpolação

MAC

Ajustamento
Condicional

VRS

Concentram-se na geração de correções para a fase

Correções padronizadas da rede disponibilizadas por uma estação mestre

Estrutura de uma estação virtual nas proximidades do usuário

VRS



MODO PÓS-PROCESSADO

Arquivo RINEX

$$\begin{bmatrix} \phi_c \\ \lambda_c \\ h_c \end{bmatrix}$$

Estações



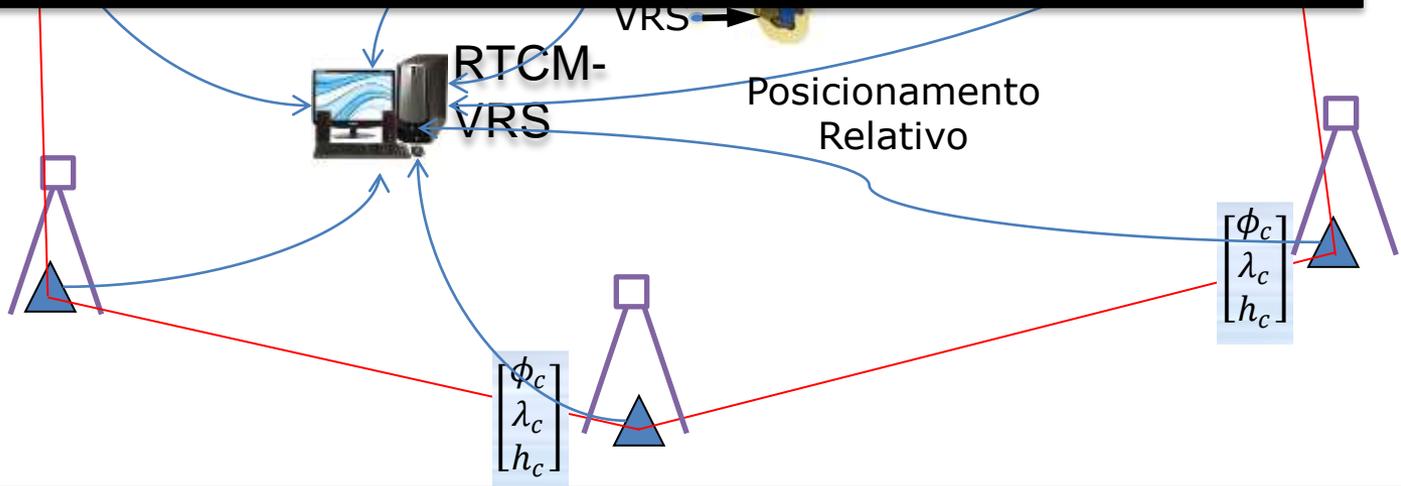
RTCM-
VRS

Posicionamento
Relativo

$$\begin{bmatrix} \phi_c \\ \lambda_c \\ h_c \end{bmatrix}$$

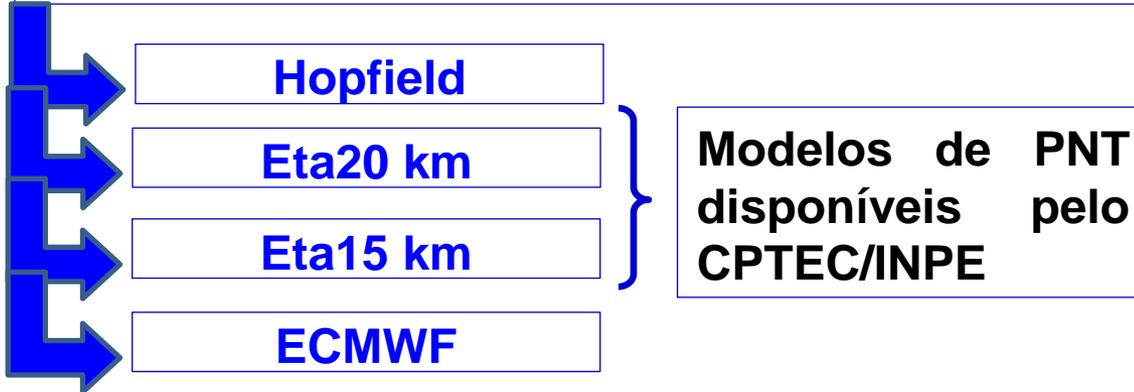
$$\begin{bmatrix} \phi_c \\ \lambda_c \\ h_c \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \phi_c \\ \lambda_c \\ h_c \end{bmatrix}$$



MODELOS ATMOSFÉRICOS - PESQUISA

TROPOSFERA:



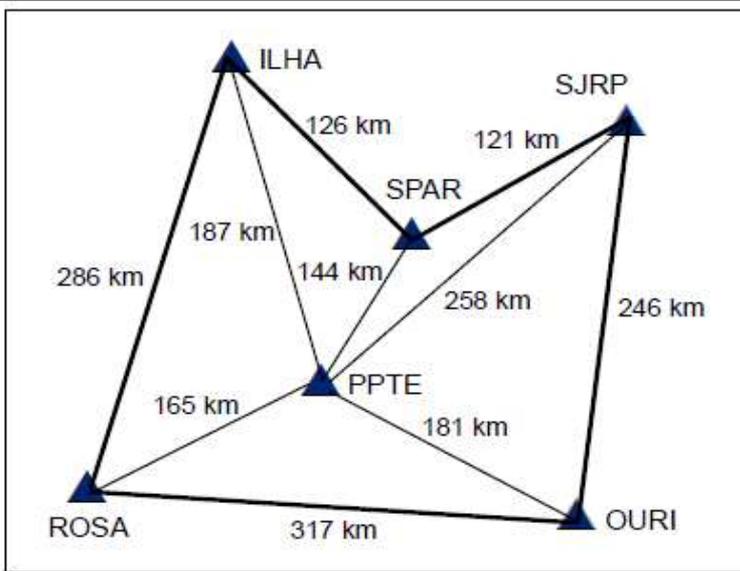
TROPOSFERA – Funções de Mapeamento:



IONOSFERA:



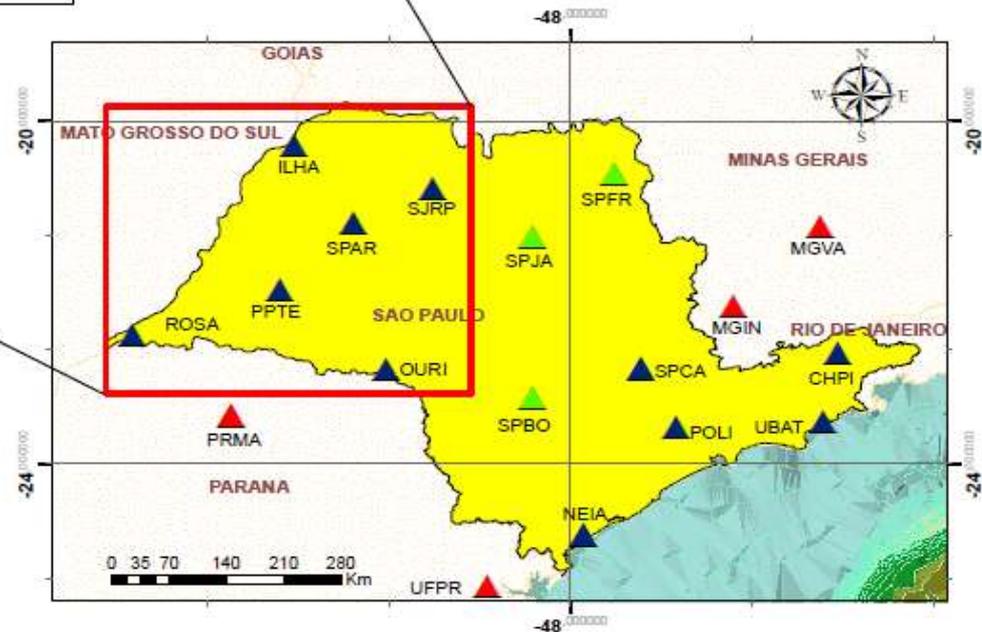
RTK EM REDE – TROPOSFERA – eta20km



VRS PPTe
Base SPAR

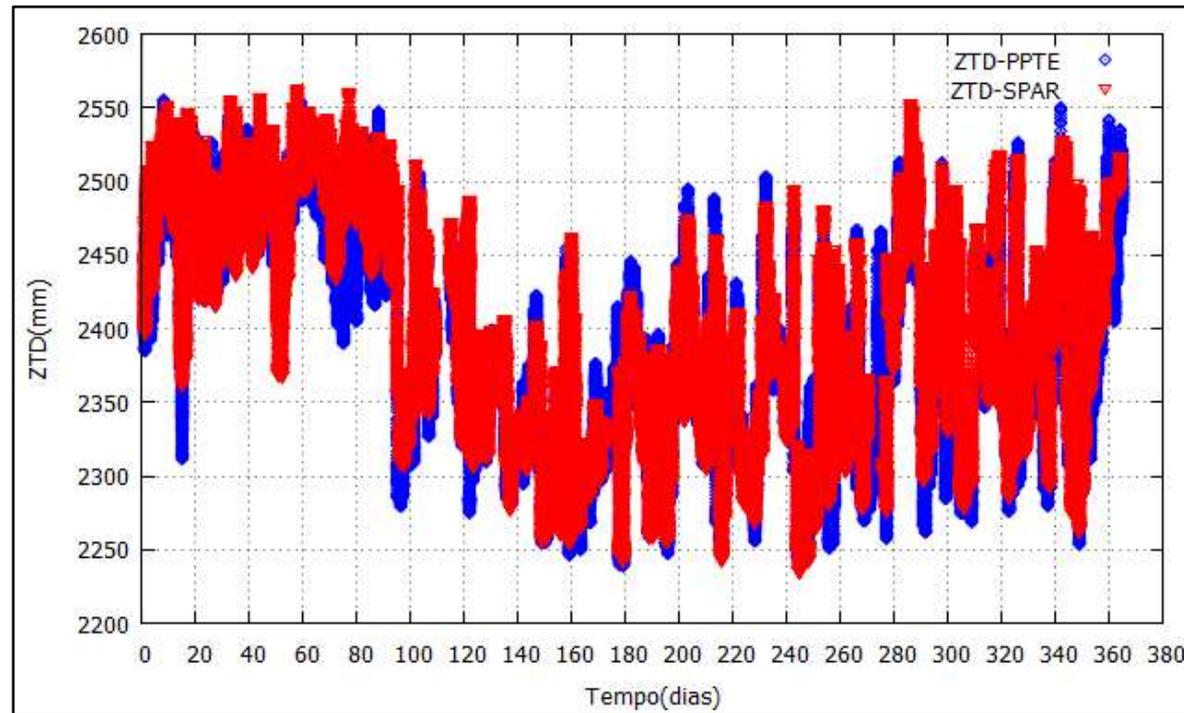
Dados de 2011

- ▲ Estações a serem homologadas pelo IBGE
- ▲ Estações de referência ativas da rede GNSS/SP
- ▲ Estações de referência ativas da RBMC



RTK EM REDE – TROPOSFERA – eta20km

ZTD – GIPSY – Escolha dos dias



Adéliton F. Oliveira – Mestrado 2013

RTK EM REDE – TROPOSFERA – eta20km

PPP – EMQ 3D (cm) – Verão 2011 – Dias úmidos

Dia	PPTE	DG	HOP + NIELL	HOP + VMF1	PNT/INPE + NIELL	PNT/INPE + VMF1	PNT/ECMWF + NIELL	PNT/ECMWF + VMF1
8	1,78	23,22	3,05	3,05	2,17	2,15	3,28	3,27
33	2,23	43,10	2,94	2,94	2,24	2,21	3,07	3,08
45	2,22	39,73	3,03	3,04	2,65	2,68	3,21	3,23
58	3,30	52,81	3,12	3,13	2,80	2,80	3,24	3,24
77	2,62	40,47	2,99	3,00	2,34	2,27	3,29	3,30
\bar{X}	2,43	39,87	3,03	3,03	2,44	2,42	3,22	3,22

Melhores Resultados eta20km do CPTEC/INPE

Resultados Niell e VMF1 similares

VMF1 – Custo computacional muito maior

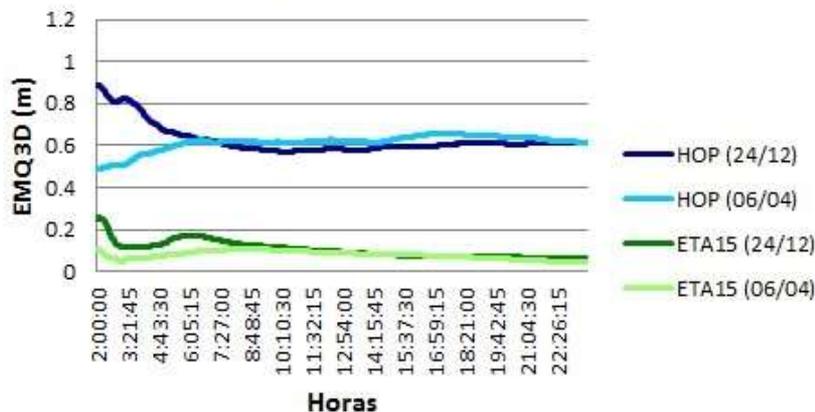
TROPOSFERA – eta15km

PPP – RBMC – Região Norte

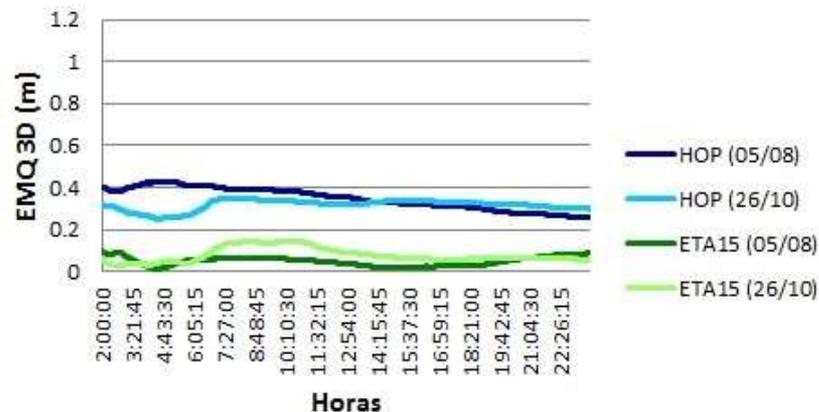
Software PPP_RT

eta15km x Hopfield

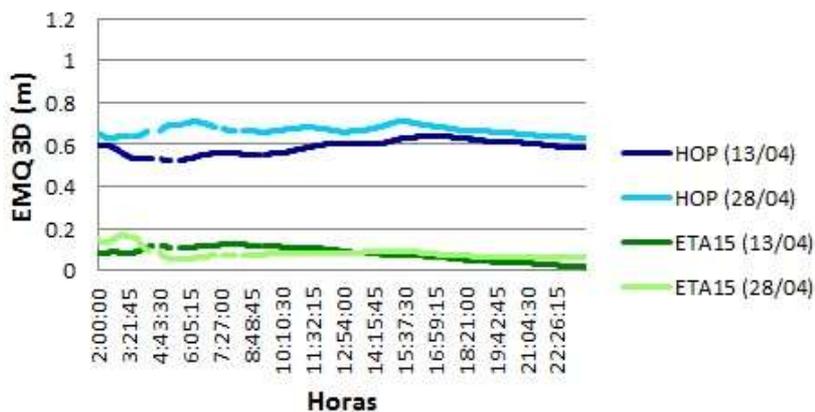
SAGA - Dias úmidos



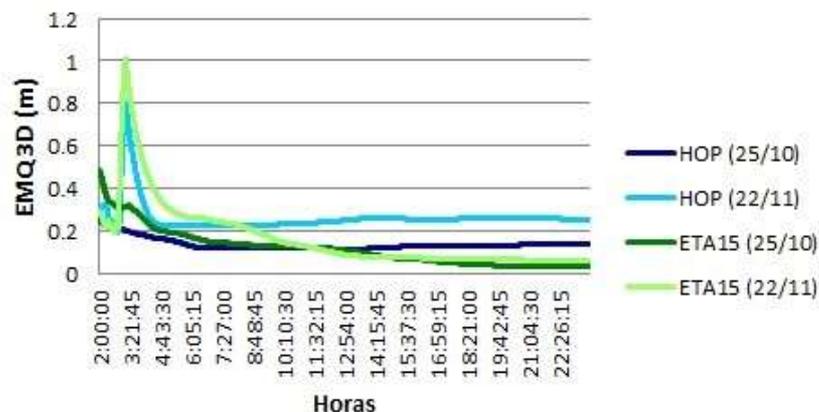
SAGA - Dias secos



BOAV - Dias úmidos



BOAV - Dias secos



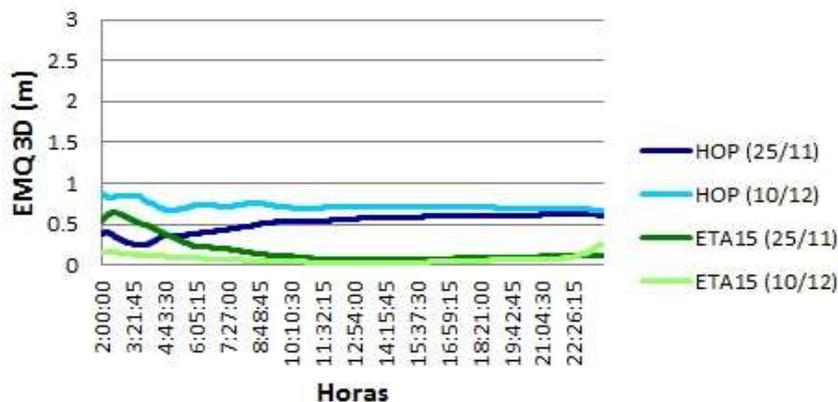
TROPOSFERA – eta15km

PPP – RBMC – Região Sudeste

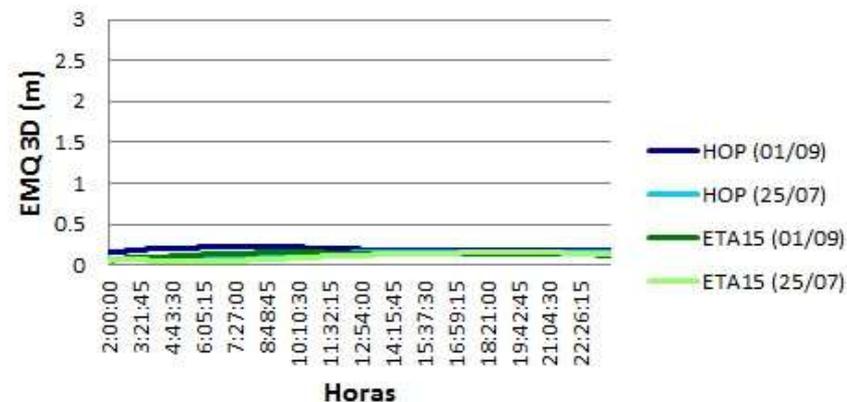
Software PPP_RT

eta15km x Hopfield

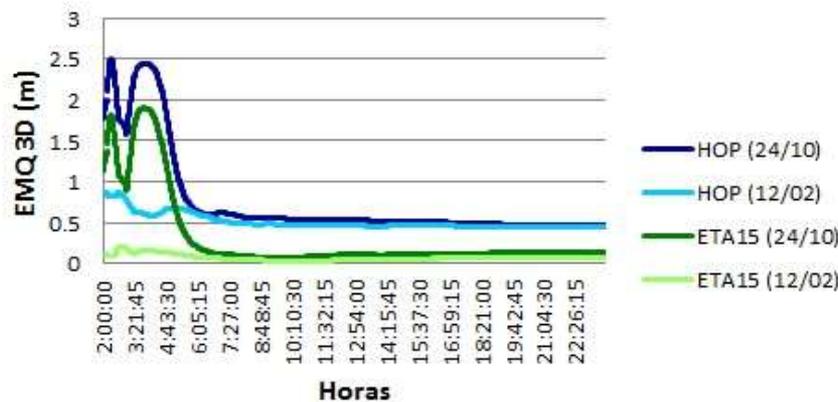
CEFE - Dias úmidos



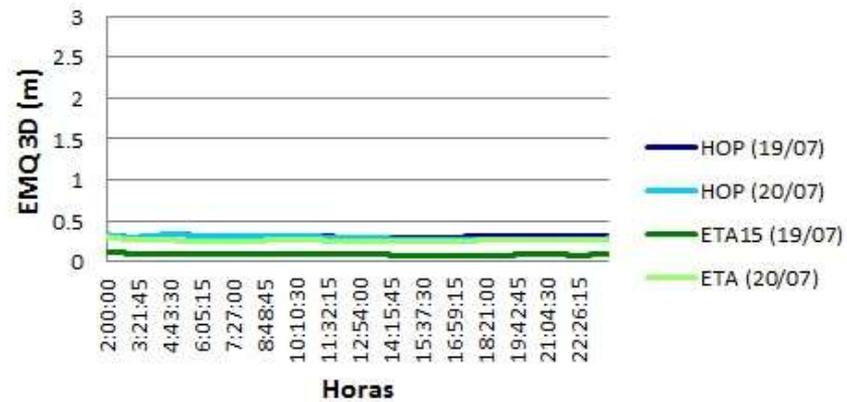
CEFE - Dias secos



UBER - Dias úmidos



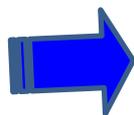
UBER - Dias secos



RTK EM REDE TROPOSFERA – eta15km

Resultados Iniciais – RTK em Rede (Dados de 2012)

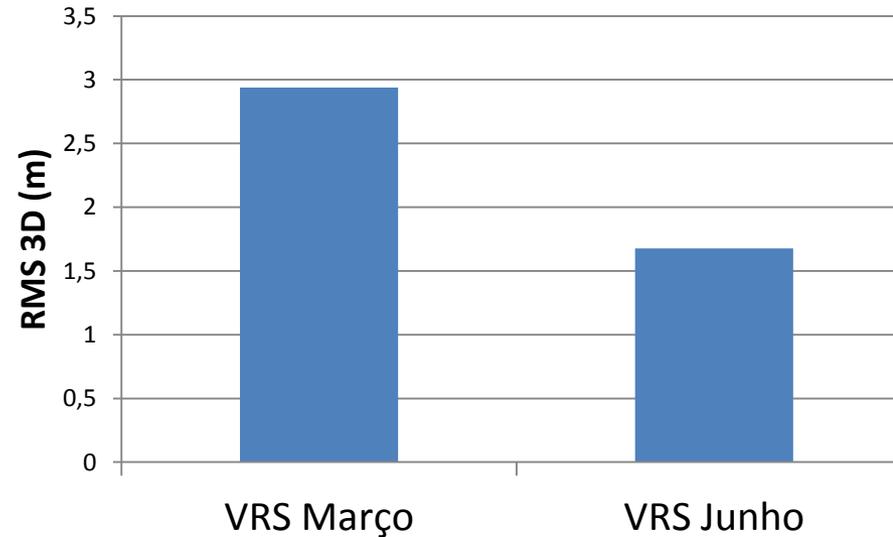
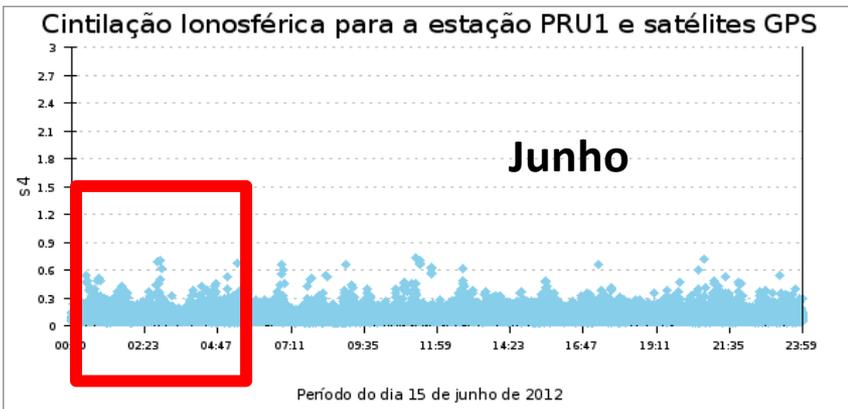
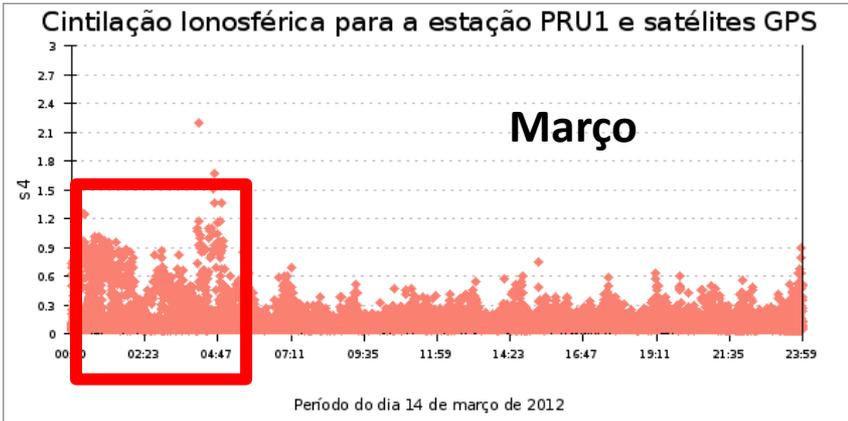
**EMQ 3D
(cm)**



Dias	Estático	
	PNT	HOP
174	2,84	2,63
175	2,71	3,26
176	2,44	2,76
Média	2,66	2,88

RTK EM REDE - IONOSFERA

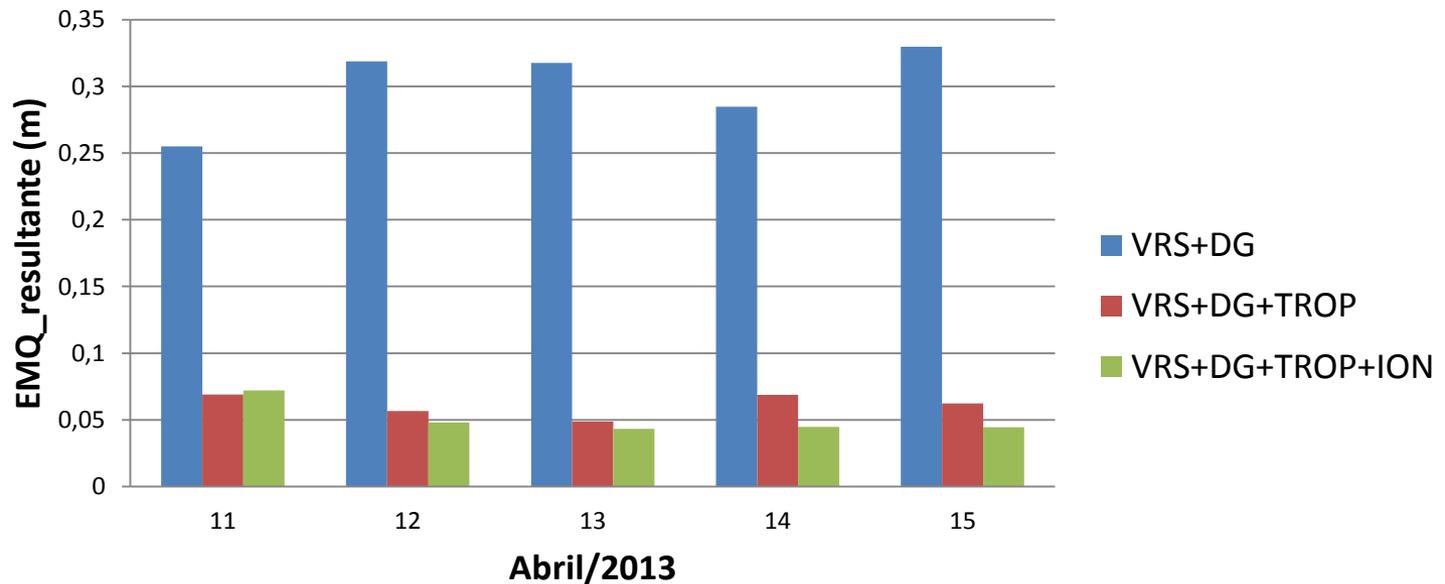
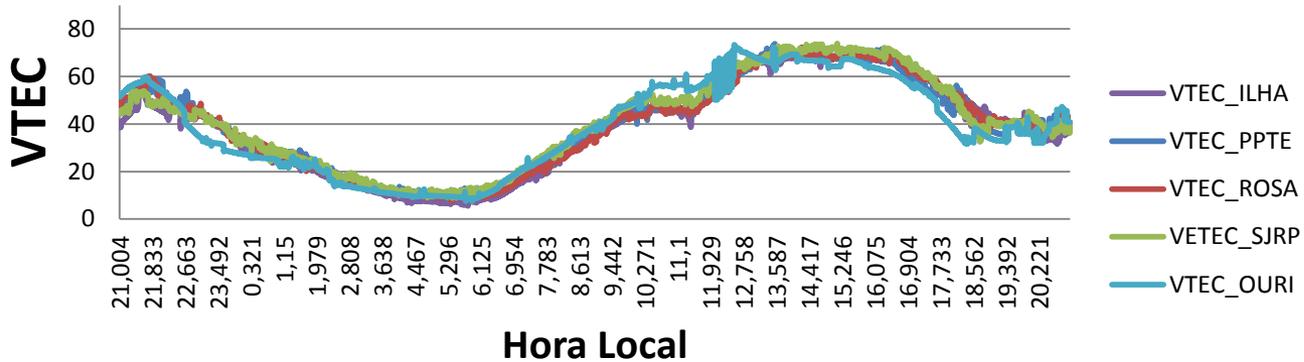
Efeito da Cintilação no RTK em Rede



RTK EM REDE - IONOSFERA

Cálculo do TEC Regional – Empregando estações da Rede GNSS/SP

12/04/13



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O posicionamento baseado em redes tem se tornado mais efetivo nos últimos anos – devido principalmente a acurácia proporcionada

Vem sendo **desenvolvido/aprimorado** um sistema que realiza o posicionamento baseado em redes utilizando o conceito de estação virtual



O sistema permite realizar várias **investigações** relacionadas com posicionamento baseado em redes GNSS

Modelos de troposfera e ionosfera

Métodos de solução das ambiguidades

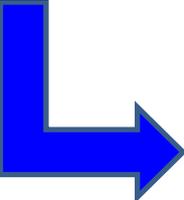
GNSS

Cintilação ionosférica



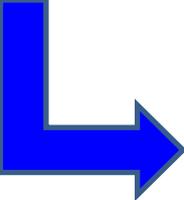
CONSIDERAÇÕES FINAIS

Próximos passos

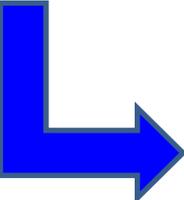


Ionosfera – Modelo de grade ionosférica

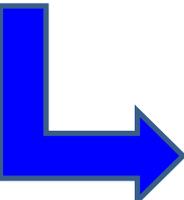
Ionosfera – cintilação



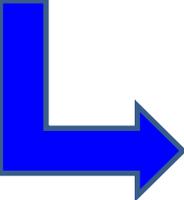
Troposfera – finalizar implementação do eta15km



Solução das **Ambiguidades**



Expansão para o **GNSS**



Modificar o sistema para rodar em **LINUX**

Alunos COLABORADORES

Ionosfera

Jéssica Saldanha – IC FAPESP

Mayara C. Ortega – IC CNPQ

Viviane dos Santos – Bolsa BAAE

Troposfera

Adéliton Fonseca – Mestrado (co-orientação - defesa 03/13)

Pedro Abreu – IC FAPESP

RTK em Rede

Crislaine Menezes – Mestrado PosMat

Hérida Reis – Mestrado (co-orientação)

GLONASS

Gabriel Jerez – AT CNPq

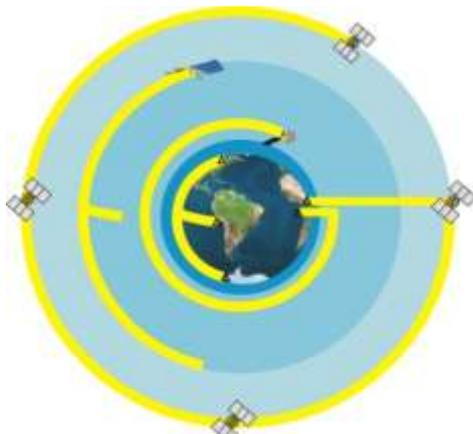
Multicaminho

Victor Kaneshiro – Bolsa BAAE

TT FAPESP

MSc. Tayná Gouveia e Jackes Magário

AGRADECIMENTOS



gege.fct.unesp.br

Obrigada pela atenção!!!